ГУАП

КАФЕДРА № 54

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

доц., канд. техн. наук		Прилипко В.К.
должность, уч. степень, звание	подпись, дата	инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

по курсу: ФИЗИКА

Р

Санкт-Петербург 2018

1. Цель работы:

– ознакомление с методикой обработки результатов измерений;
– определение электрического сопротивления провода;
– экспериментальная проверка закона Ома;
– определение удельного сопротивления нихрома;
– сравнение двух электрических схем.

2. Описание лабораторной установки.

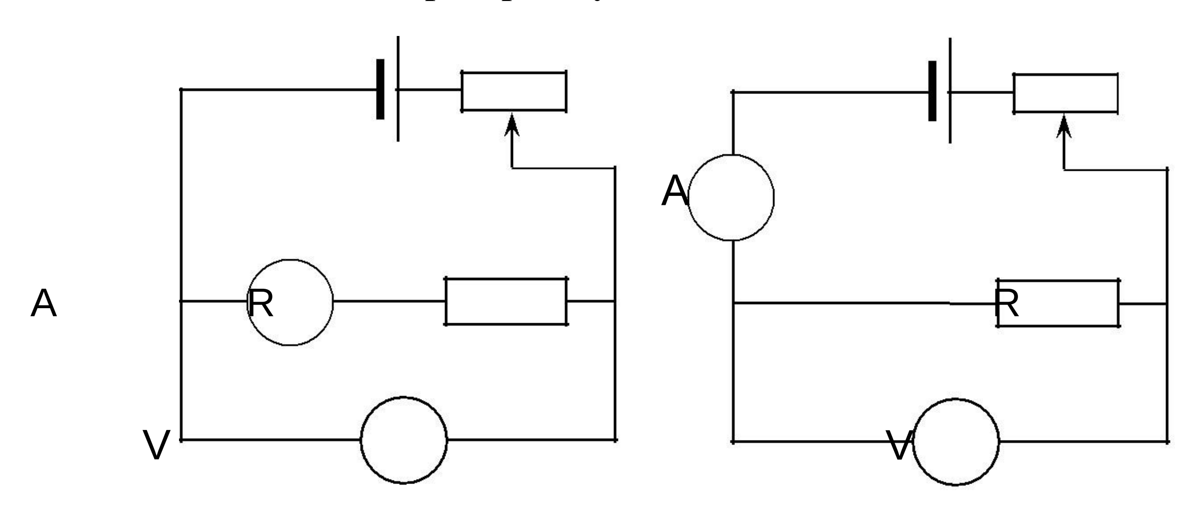


Рисунок 1. Схема А **Рисунок 2. Схема B**

Приборы	Цена деления	Предел измерения	Класс точности	Систематич. погрешность	Внутр. сопротив.
Миллиамперметр	5 мА	250 мА	1,5	4 мА	0,2 Ом
Вольтметр	0,05 В	1,5 В	1,5	0,03 В	2500 Ом
Линейка	1 мм	50см	-	2 мм	-

3.Рабочие формулы.

Вычисление электрического сопротивления:

Закон Ома : $R = \frac{U}{I}$ (1)

для схемы А: $\frac{U}{I} - R_A$ (2)

для схемы B: $R = \left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_v}\right)^{-1}$ (3)

В этих формулах R – электрическое сопротивление проводника, U – падение напряжения на проводнике, I – сила тока в проводнике, R_A –

сопротивление амперметра, R_V – сопротивление вольтметра.

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} ,$$
(4)

где R_{cp} – среднее значение сопротивления, n – число измерений

$$\rho = \frac{R_{cp} \pi D^2}{4l} , \quad (5)$$

где ρ – удельное сопротивление металла,l – длинна провода,D – диаметр провода

4.Результаты измерений и вычислений.

Зависимость силы тока от напряжения в схеме А Таблица 4.1.А

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U,В	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
I,А	0.07	0,081	0,092	0,102	0,113	0,124	0,144	0,165	0,185	0,226
$\frac{U}{I}$,Ом	5	4,94	4,89	4,9	4,87	4,84	4,86	4,85	4,86	4,87
R,Ом	4,8	4,74	4.69	4.7	4,67	4,64	4,66	4,65	4,66	4,67
θ_{R},Ом	0,6	0,5	0,4	0,4	0,35	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2

Зависимость силы тока от напряжения в схеме А Таблица 4.2.В

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U,В	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	1
I,А	0,075	0,086	0,097	0,108	0,12	0,131	0,153	0,174	0,196	0,217
$\frac{U}{I}$,Ом	4,67	4,65	4,64	4.63	4,58	4,58	4,57	4,6	4,59	4,6
R,Ом	4,47	4,45	4,44	4,43	4,38	4,38	4,37	4,4	4,39	4,4
θ_{R},Ом	0,5	0,45	0,4	0,4	0,3	0,3	0,25	0,2	0,2	0,2

$R_{ср}$=4,5 Ом $\rho = \frac{4,5\,Ом * 3,14 * 0,36*10^{-3}\,м * 0,36*10^{-3}\,м}{4*0,37\,м}$ =1,2*10^{-6} Ом*м

5.Примеры вычислений.

1) По формуле 1: $R = \frac{U}{I} = \frac{0,35\,B}{0,075\,A} = 4,67\,Ом \approx 4,7\,Ом$

2) По формуле 2: $\frac{U}{I} - R_A = \frac{0,35\,B}{0,075\,A} - 0,2\,Ом = 5 - 0,2\,Ом = 4,8\,Ом$

3) По формуле 3: $R = (\frac{I}{U} - \frac{1}{R_v})^{-1} = \frac{U\,R_v}{I\,R_v - U} = \frac{0,35*2500\,Ом}{0,075\,A*2500\,Ом - 0,35\,B} = 4,7\,Ом$

4) По формуле 4:

$R_{ср} = \frac{(4,8+4,74+4,69+4,7+4,67+4,64+4,66+4,65+4,64+4,67+4,47+4,45+4,44+4,43+4,38+4,38+4,37}{20}$

5) По формуле 5: $\rho = \frac{4,5*3,14*(0,36*10^{-3}\,м)^2}{4*0,37\,м} = 1,2*10^{-6}\,Ом*м$

6. Вычисление погрешностей.

Систематические погрешности:

1) $\theta_I = \frac{I_m * k}{100} = \frac{0,25\,A*1,5}{100} = 3,75*10^{-3}\,A \approx 4*10^{-3}\,A$

2) $\theta_U = \frac{U_m * k}{100} = \frac{1,5\,B*1,5}{100} = 0,0225\,B \approx 0,02\,B$

3) $\theta_l = 2*10^{-3}м$

4) $\theta_D = 0,5*10^{-5}м$

5) Вывод формулы для систематической погрешности косвенного измерения электрического сопротивления:

R=R(U,I)=$\frac{U}{I} \Longrightarrow \theta_R = R(\frac{\theta_U}{U} + \frac{\theta_I}{I})$

$$\theta_{R1} = R_1\left(\frac{\theta_U}{U_1} + \frac{\theta_I}{I_1}\right) = 4,8\,Ом\left(\frac{0,02\,B}{0,35\,B} + \frac{0,004\,A}{0,07\,A}\right) = 0,55\,Ом$$

$$\theta_{R10} = R_{10}\left(\frac{\theta_U}{U_{10}} + \frac{\theta_I}{I_{10}}\right) = 4,67\,Ом\left(\frac{0,02\,B}{1,1\,B} + \frac{0,004\,A}{0,226\,A}\right) = 0,17\,Ом$$

В качестве систематической погрешности итогового результата берем значение,полученное при самом большом токе: $\theta_{Rcp} = 0,17\,Ом$

6) Вывод формулы для систематической погрешности удельного сопротивления металла

$\rho = \frac{R_{cp}\pi D^2}{4l}$; $\rho = \rho(R_{cp}, l, D)$; $\theta_\rho = \rho*(\frac{\theta_{Rcp}}{R_{cp}} + \frac{\theta_I}{I} + \frac{2*\theta_D}{D})$

Вычисление:

$$\theta_\rho = 1,2*10^{-6}\,Ом*м\left(\frac{0,17\,Ом}{4,5\,Ом} + \frac{0,002\,м}{0,37\,м} + \frac{0,01*10^{-3}\,м}{0,36*10^{-3}\,м}\right) = 0,09*10^{-6}\,Ом*м$$

Случайные погрешности:

Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения:

$$S_R=\sqrt{\frac{(R1-Rcp.)^2+(R2-Rcp.)^2+\ldots+(R_N-Rcp.)^2}{N-1}}¿$$

¿

$$S_R=\sqrt{\frac{(4,8-4,5)^2+(4,74-4,5)^2+(4.69-4,5)^2+(4.7-4,5)^2+(4,67-4,5)^2+(4,64-4,5)^2+(4,66-4,5)^2}{19}}+$$

$$\sqrt{\frac{(4,65-4,5)^2+(4,66-4,5)^2+(4,67-4,5)^2+(4,47-4,5)^2+\ldots+(4,4-4,5)^2}{19}}=\sqrt{¿¿¿}$$

Вычисление среднего квадратичного отклонения:

$$S_{Rcp.}=\sqrt{\frac{(R1-Rcp.)^2+(R2-Rcp.)^2+\ldots+(RN-Rcp.)^2}{(N-1)N}}=\frac{S_R}{\sqrt{N}}¿$$

¿

$S_{Rcp.}=\frac{0.15}{\sqrt{20}}=$ 0,03 Ом

В этой работе проводится измерение неслучайных по своей природе физических величин: электрического сопротивления провода – R и удельного сопротивления нихрома – ρ, поэтому случайные погрешности определяются только влиянием природных ошибок на измеряемые величины. В этом случае должны выполняться неравенства: $S_R \leq \theta_R$ $S_{Rcp.} < \theta_R$. Лучше, если первое из неравенств будет строгим, а во втором окажется знак $\ll$:

0,15 Ом < 0,17 Ом т.е. $S_R ¿ \theta_R$;

0,03 Ом $\ll$ 0,17 Ом т.е. $S_{Rcp} \ll \theta_R$

Получившиеся неравенства говорят о том, что в измерениях скорее всего нет грубых ошибок и промахов.

Случайные погрешности удельного сопротивления:

$\rho=\frac{Rcp*\pi*D^2}{4l}$ => $S\rho_{cp}=\frac{\rho S Rcp}{Rcp}$

$S\rho_{cp}=\frac{1,2*10^{-6}\,Ом*м*0,03\,Ом}{4,5}$ =0,008*10^{-6} Ом*м

Полная погрешность:

В случае, когда измеряется неслучайная по своей природе физическая величина R – электрическое сопротивление провода, его случайная погрешность не должна превосходить систематическую $S_{Rcp} ¿ \theta_R$. Она уже учтена в систематической погрешности, и объединять их в полную погрешность не надо. Полная погрешность равна систематической.

$\Delta R=\theta_R=0.17$ Ом

$\Delta\rho=\theta_\rho=0.9*10^{-6}$ Ом*м

$|\rho-\rho_0|=(1,2*10^{-6}-1,05*10^{-6})\,Ом*м=0,15*10^{-6}\,Ом*м$

То есть полученный результат совпадает с табличным результатом в пределах погрешности.

7) **Окончательные выводы:**

1) Ознакомились методикой обработки результатов косвенных измерений.

2) Электрическое сопротивление провода R=4,5±0,17 Ом с вероятностью P= 95%

3) Удельное сопротивление нихрома ρ=(1,2+0,09)*10^{-6} $Ом*м\,с\,вероятностью\,P=95\%$. Экспериментально определенное значение ρ в пределах погрешность совпадает с табличным значением нихрома $\rho=1{,}05*10^{-6}$ Ом*м

4) Из приведенных опытов видно, что почти каждое сопротивление в таблицах 4.1А и 4.2В отличаются от $R_{ср}$ меньше чем на систематическую погрешность θ_R. Это обозначает что электрическое сопротивление не зависит от протекающего тока и от падения напряжения на нем, то есть выполняется закон Ома.

5) Учёт сопротивления амперметра приводит к поправке 0,2 Ом, учет сопротивления вольтметра приводит к поправке 0,02 Ом. Поскольку результат приходится округлять до десятых долей Ома, поправку на сопротивление вольтметра по формуле 3 можно не делать. Значит для схемы В электрическое сопротивление можно вычислять по закону Ома без поправок.